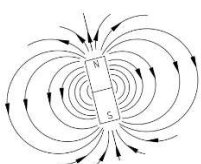
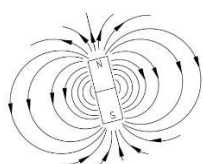


Sisällys

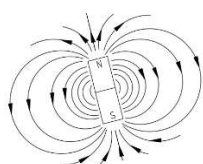
1 Ohjeita	4
2 Yksiviivainen esitystapa	5
Kaapelit	6
Piirrosmerkit	8
3 Moniviivainen esitystapa	10
Moniviivaisten piirtäminen	11
4 Pinta-asennusharjoitukset levyille	12
Asennustyön suorittaminen	12
Kaapelin asennus ja kojeiden kytkentä	13
1-kytkin	18
5-kytkin	22
6-kytkin	26
7-kytkin	30
6+6-kytkin	34
1+1+1 -kytkin	36
Liikkeentunnistin	38
Sysäysrele	40
Kellokytkin	42
Läsnäolotunnistin	44
Hämäräkytkin	46
Releasennusharjoitukset	54
5 Uppoasennusharjoitukset	58
Putken taivutusharjoitukset	58
Putketon uppoasennus	64
Uppoasennusharjoitukset levyille	65
1-kytkin	65
5-kytkin	67
6-kytkin	69
7-kytkin	71
6+6 -kytkin	73
1+1+1 -kytkin	74
Liikkeentunnistin	75
Sysäysrele	76
Lisätehtävät uppoasennuksista	77



JAPP-putken asennusharjoitukset	79
6 Asennusharjoitukset koppeihin	82
Pinta-asennukset koppeihin	83
Uppoasennukset koppeihin	90
AXMK-harjoitus	95
7 Keskuksen kytkeminen	100
8 Käyttöönottomittaukset	105
Sähköasennukset käyttöönottomittaukset	105
Aistinvarainen tarkastus	106
Jännitteenkoestimen toimintatesti	108
Suojajohtimen jatkuvuus	109
Eristysresistanssin mittausta	112
Vikavirtasuojakytkimen testaus	114
Oikosulkuvirran mittausta	117
9 Sähkösuunnitteluharjoitukset	124
Sähkösuunnitteluharjoitukset asennuskoppiin	124
Autotalli- ja varastorakennuksen sähkösuunnitteluharjoitus	127
Keittiön sähkösuunnitteluharjoitus	130
Saunaosaston sähkösuunnitteluharjoitus	132
Olohuoneen ja makuuhuoneen sähkösuunnitteluharjoitus	134
WC:n, vaatehuoneen ja makuuhuoneiden sähkösuunnitteluharjoitus	136
10 Kolmivaihejärjestelmä	140
Järjestelmän tarkoitus	140
11 Jakelujärjestelmä	144
TN-C ja TN-S – jakelujärjestelmät	144
Pää- ja vaihejännitteet	145
12 Tähti- ja kolmiokytkentä	151
Tehot	154
Symmetrinen ja epäsymmetrinen kuorma sekä osoitinpiirros	155
Tähtikolmiomuunnos	163
13 Kompensointi	174
Vaihtosähkötekniikan tehot	174
Laskukaavat	175
Esimerkit	176



14 Kolmivaihemoottorit	192
TähtikytKentä.....	193
KolmiokytKentä.....	194
Moottorin käämien mittaus	195
Suunnanvaihto ja tähtikolmiokäynnistys	196
Kolmivaihemoottorin käyttö yksivaiheisella jännitteellä	199
15 Vikavirtasuojaus.....	201
2-napainen vikavirtasuojakytkin.....	201
4-napainen vikavirtasuojakytkin.....	203
16 Laivasähköasennukset	206
Sähköjärjestelmien toiminta ja turvallisuus	206
Propulsio.....	209
KaaPelin veto ja merkinnät.....	210
Läpiviennit	213
Telakointi ja maistasyöttö	214
17 KNX ja Free@Home	217
Suunnittelu ja toteutus.....	220
Mahdollisuudet	220
KNX-koulutus	222
18 Mittausharjoitukset	226
Asennuskopin keskuksen jännitteettömyyden toteaminen.....	226
Asennuskopin keskuksen jännitteellisyyden toteaminen	227
Yleismittarilla jännitteiden mittaaminen.....	228
Moottorien käämien resistanssin mittaus.....	229



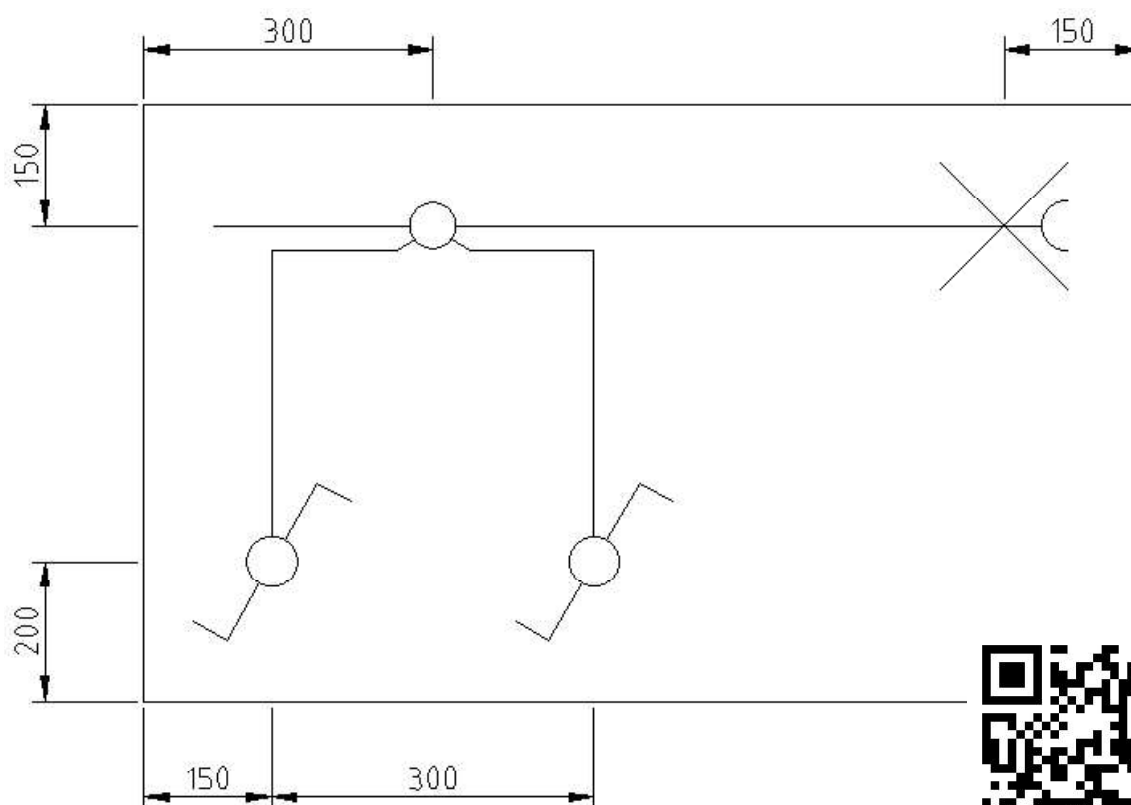
6-kytkin

Kahdella 6-kytkimellä voi ohjata yhtä valaisinta kahdesta eri paikasta päälle ja pois. Katso video 6-kytkimestä QR-koodilla.

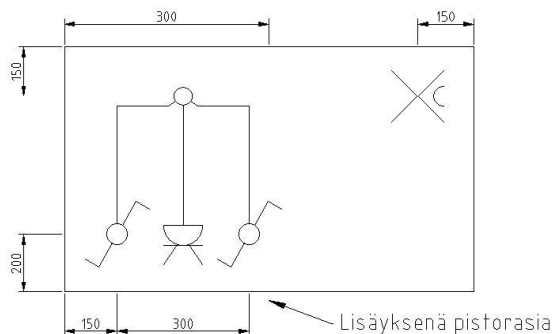


Työvaiheet

- 1) Tutki ja päätele kytkennän toiminta
- 2) Piirrä seuraavan sivun moniviivainen
- 3) Asenna kojeet levyille mittojen mukaan opettajalta saamiesi sähkötarvikkeiden avulla

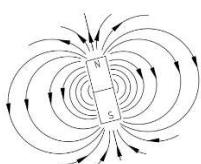


Kuva 17. Asennus 6-kytkentä. Katso alusta-loppuun asennusvideo QR-koodista.



Kun olet valmis asennustyösi kanssa, lisää asennukseen pistorasia kytkinten väliin. Pistorasiassa on aina jännite, eli sitä ei ohjata minkään kytkimen avulla.

Kuva 18. Lisätyö asennukseen 6-kytkin



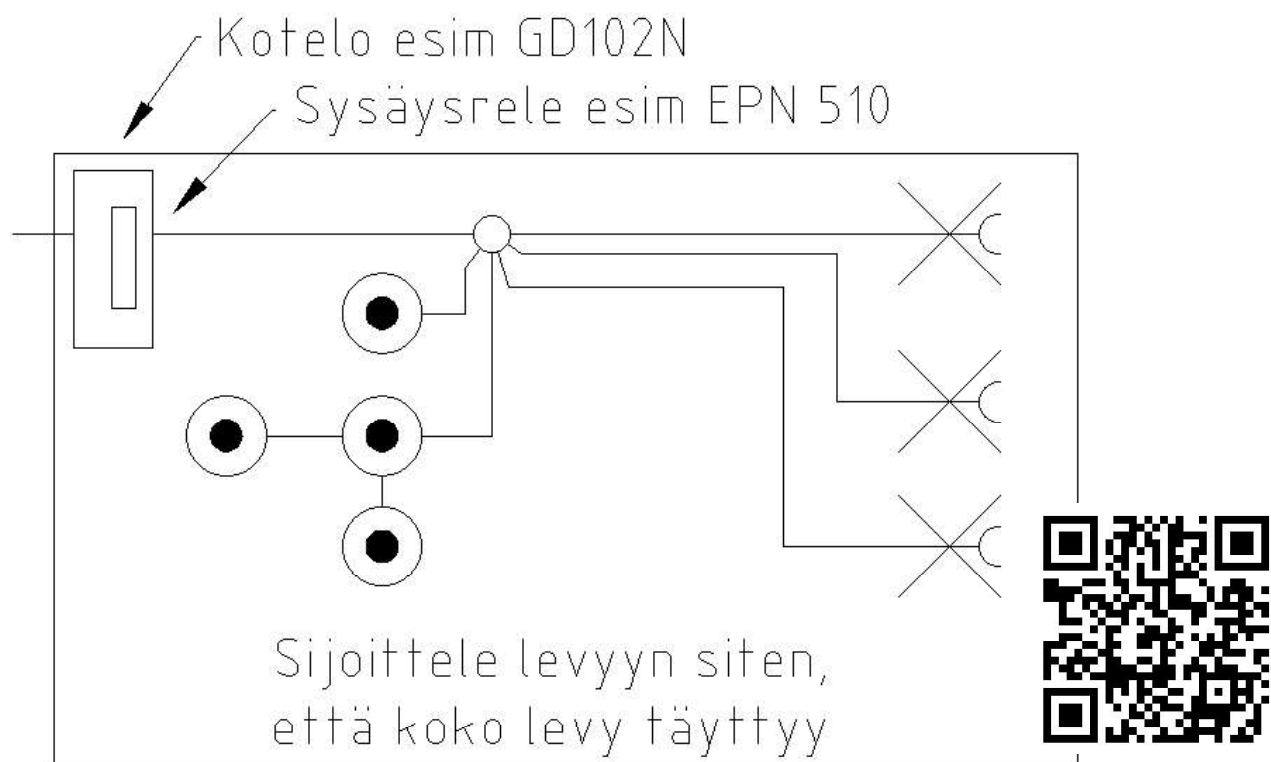
Sysäysrele

Sysäysrelettä käytetään silloin, kun halutaan ohjata valoja päälle ja pois useammasta paikasta. Asia voidaan hoitaa 6-7-7-6 – kytkennällä, mutta silloin johtoja tulee todella paljon. Silloin kannattaa käyttää sysäysrelettä, jolloin valo menee vuoron perään päälle ja pois painettaessa kytkimestä. Kytkimet pitää olla varustettu impulssijousella, joka asennetaan vivun alle liikkuvan kytkimen ja rungon väliin. Silloin vipua painettaessa se palautuu aina painamisen jälkeen. Kytkiminä pitää käyttää 6-kytkintä. Katso video moniviivaisesta QR-koodista.

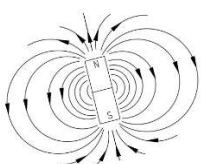


Työvaiheet

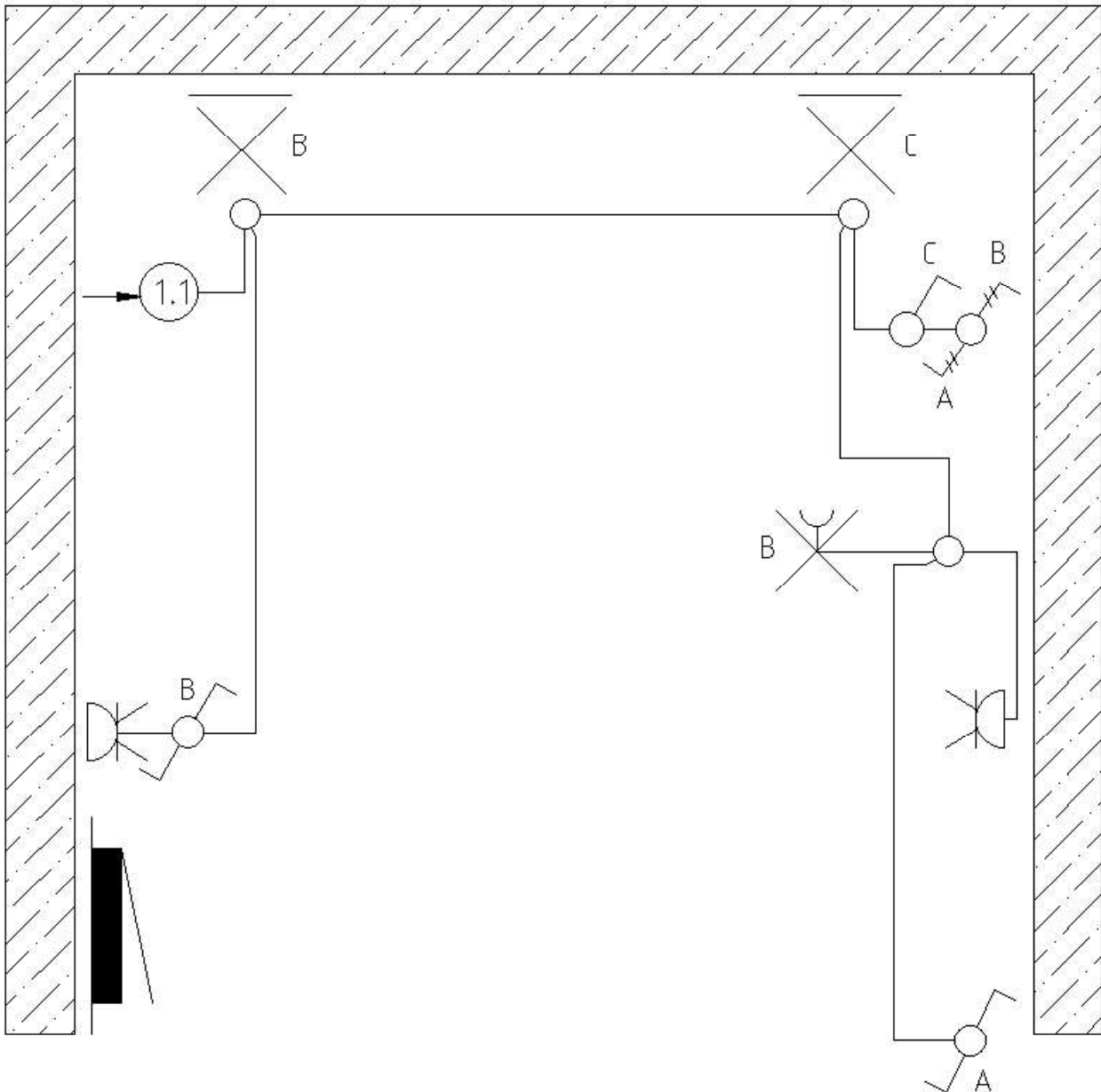
- 1) Tutki ja päättele kytkennän toiminta
- 2) Piirrä seuraavan sivun moniviivainen
- 3) Asenna kojeet levyille mittojen mukaan opettajalta saamiesi sähkötarvikkeiden avulla



Kuva 26. Asennus sysäysrele. Painettaessa mitä tahansa painiketta, kaikki valot syttyvät. Katso alustaloppuun asennusvideo QR-koodista.

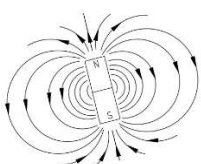


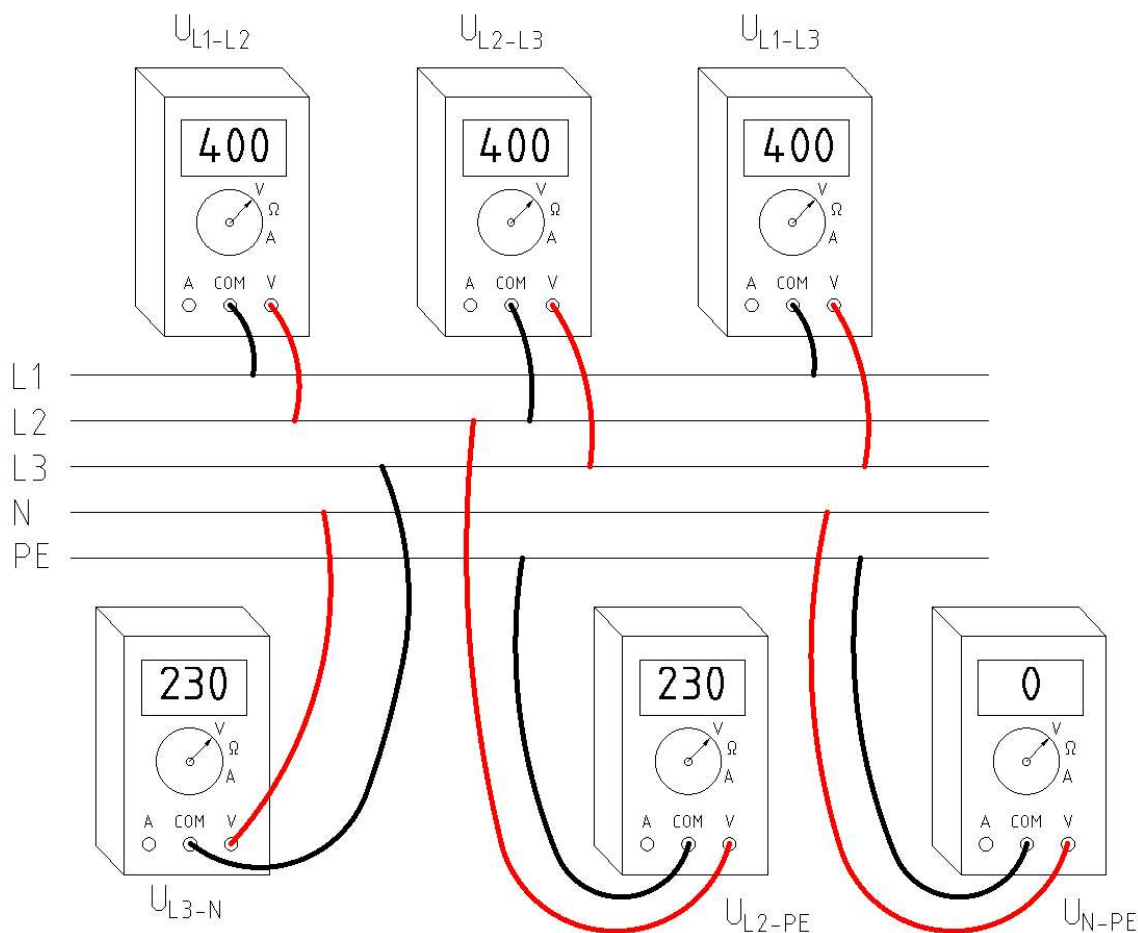
Pinta-asennusharjoitus 6 koppiin.



Kuva 55. Pinta-asennusharjoitus 6 koppiin.

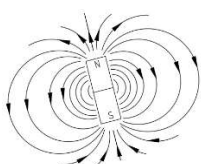
Työvaihe	Rastita
Asennettu	
Käyttöön otettu	
Luovutettu	
Arvosteltu	



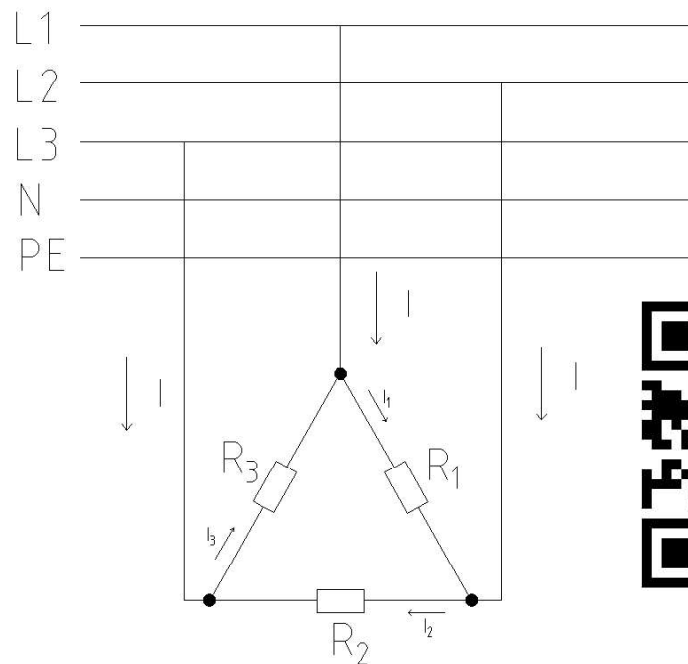


Kuva 4. Mitattu kaikki vaihejännitteet (yläriivi), vaihejännite nollaa ja maata vasten sekä nollan ja maan väliltä.

Mitattaessa yleismittarilla jännitteitä, pitää muistaa laittaa mittari oikealle mittausalueelle ja laittaa mittajohtimet oikein. Mittarin COM-liittimessä on aina johto ja toinen on liittimessä, jossa on V-kirjain. **Se ei saa olla missään tapauksessa A-liittimessä, koska mittaushetkellä mittari tekee oikosulun ja voi aiheuttaa onnettomuuden!**



Esimerkki 3. Kolmiokytkennässä on $R_1 = 33 \, \Omega$, $R_2 = 33 \, \Omega$ ja $R_3 = 33 \, \Omega$. Tiedetään, että kuormiin vaikuttaa silloin pääjännite 400 V. Laske vaihekohtaiset virrat ja tehot ja havaitse yhteys tähtikytkentään.



Ratkaisu: Havaitaan, että pääjännite vaikuttaa vastuksiin ja otetaan se huomioon laskuissa.

Lasketaan virta ohmin lain avulla

$$I_1 = \frac{U}{R} = \frac{400 \text{ V}}{33 \, \Omega} = 12,12 \text{ A}$$

Ottamalla huomioon, että kokonaisvirta $= \sqrt{3} \cdot I_v$, jossa I_v on vaihevirta, niin

$$I = \sqrt{3} \cdot I_1 = \sqrt{3} \cdot 12,12 \text{ A} = 20,99 \text{ A}$$

Sitten voidaan laskea vaihekohtainen teho

$$P_1 = U \cdot I_1 = 400 \text{ V} \cdot 12,12 \text{ A} = 4848 \text{ W}$$

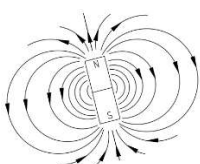
Tämä on yksittäisen vaiheen teho ja kokonaisteho saadaan kertomalla tulos kolmella.

$$P = 3 \cdot 4848 \text{ W} = 14\,544 \text{ W} \approx 14,5 \text{ kW}$$

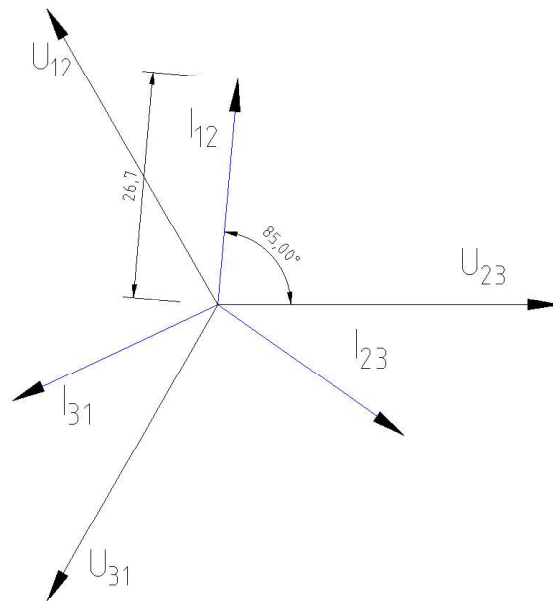
Tähän lukuun olisi päästy myös käyttämällä kaavaa

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 20,99 \text{ A} = 14,542 \text{ kW} \approx 14,5 \text{ kW}$$

Kolmiokytkennässä teho on *kolminkertainen* tähtikytkentään verrattuna.



Piirretään tilanteesta osoitinpiirros



Tehtävänannossa olevan virtapiirikuvan mukaan käyttäen Kirchhoffin virtalakia tiedämme, että

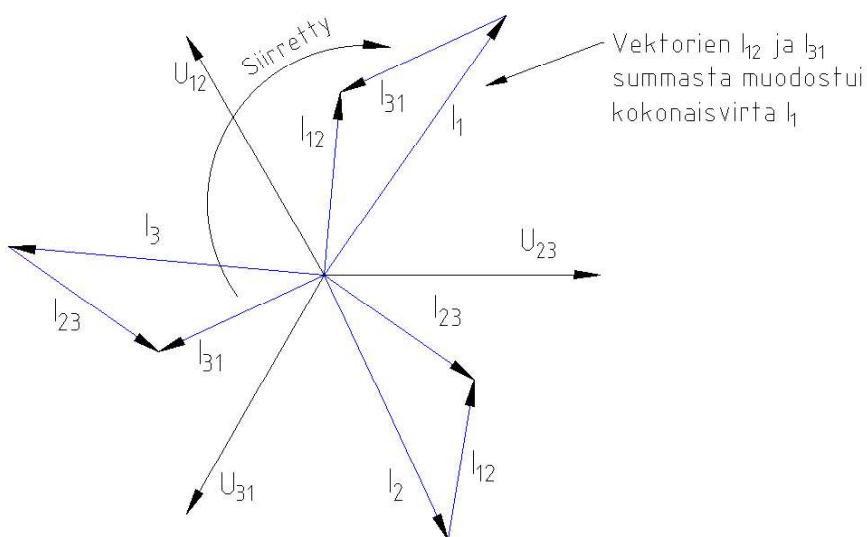
$$\bar{I}_1 = \bar{I}_{12} + \bar{I}_{31} = 26,7 \angle 85^\circ \text{ A} - 26,7 \angle -155^\circ \text{ A} = 46,2 \angle 55^\circ \text{ A}$$

$$\bar{I}_2 = \bar{I}_{23} + \bar{I}_{12} = 26,7 \angle -35^\circ \text{ A} - 26,7 \angle 85^\circ \text{ A} = 46,2 \angle -65^\circ \text{ A}$$

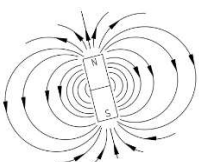
$$\bar{I}_3 = \bar{I}_{31} + \bar{I}_{23} = 26,7 \angle -155^\circ \text{ A} - 26,7 \angle -35^\circ \text{ A} = 46,2 \angle 175^\circ \text{ A}$$

Huomataan myös että $I_1 = \sqrt{3} \cdot I_{12} = \sqrt{3} \cdot 26,7 \text{ A} = 46,2 \text{ A}$.

Miinusmerkit tulevat siksi, koska virtapiirikuvassa virrat ovat vastakkaiseen suuntaan. Lopulliseen osoitinpiirrokseen.



Nyt kun vektorien summassa toinen on negatiivinen, se asettuu "väärinpäin" kuvaan. Kokonaisvirta on näiden summa.



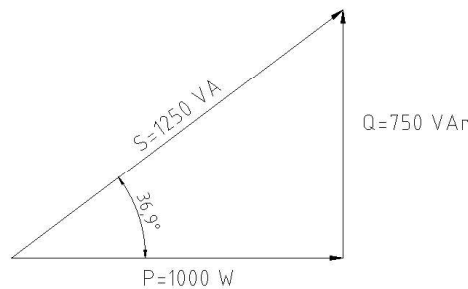
Esimerkki 10.

Laitteen pätöteho oli 1000 W ja loisteho oli 750 VAR. Laske

- näennäisteho alkutilanteessa
- $\cos \phi$
- miten suuri kompensointiparisto pitää kytkeä laitteen kanssa, jotta $\cos \phi$ olisi 0,95?

Ratkaisu:

a. $S^2 = P^2 + Q^2 \rightarrow S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(1000 \text{ W})^2 + (750 \text{ VAR})^2} = 1250 \text{ VA}$



b. $P = \cos \phi \cdot S \rightarrow \cos \phi = \frac{P}{S} = \frac{1000 \text{ W}}{1250 \text{ VA}} = 0,8$

- c. Ensin pitää laskea toivotun kulman suuruus

d. $\cos \phi = 0,95 \rightarrow \phi = \cos^{-1}(0,95) = 18,2^\circ$

Seuraavaksi pitää laskea loistehon määrä, joka jää jäljelle

$$Q = \tan \phi \cdot P = \tan 18,2^\circ \cdot 1000 \text{ W} = 329 \text{ VAR}$$

Tämä pitää vähentää alkuperäisestä loistehosta, jotta jäljelle jää 329 VAR.

$$\text{Kompensointipariston koko } Q_{\text{komp}} = 750 \text{ VAR} - 329 \text{ VAR} = 421 \text{ VAR}$$

Lasketaan vielä uusi näennäisteho kompensoinnin jälkeen

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(1000 \text{ W})^2 + (329 \text{ VAR})^2} = 1053 \text{ VA}$$

